

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Кульпина Анастасия Олеговна

Выпускная квалификационная работа бакалавра

**Критерии выбора управленческих решений в
рисковых ситуациях
(на примере ПАО «Северсталь»)**

Направление 010400

Прикладная математика и информатика

Научный руководитель,
доктор физ.-мат. наук,
профессор
Колбин В. В.

Санкт-Петербург

2016

Содержание

Введение.....	3
Постановка задачи.....	4
Обзор литературы.....	5
Глава 1: Построение производственных функций	6
§ 1.1 Производственная функция дивизиона «Северсталь Ресурс»	6
§ 1.2 Основные характеристики производственной функции дивизиона «Северсталь Ресурс»	8
§ 1.3 Производственная функция дивизиона «Северсталь Российская Сталь».....	9
§ 1.4 Основные характеристики производственной функции дивизиона «Северсталь Российская Сталь»	11
§ 1.5 Прогноз значений показателей	13
Заключение	15
Литература	16
Приложение 1	17

Введение

Металлургические предприятия тесно связаны с рисками. В промышленности часто встречаются ситуации, которые либо плохо, либо совсем невозможно контролировать. Поэтому управление рисками на металлургических и горнодобывающих предприятиях, таких как, например, ПАО «Северсталь», является приоритетным направлением в данное время.

В российской и мировой металлургии существуют такие риски, как:

- Отсутствие развитой транспортной системы;
- Недостаток квалифицированных кадров;
- Волатильность валютного курса и цены;
- Увеличение участия правительства в отрасли;
- Увеличение налогообложения и другие.

Так как ПАО «Северсталь» намерено стать лидером в своем сегменте, то очень важно принимать управленческие решения, основываясь на каких-либо критериях выбора. Даже самый сбалансированный долгосрочный план роста не застрахован от рисков. Поэтому риски были и остаются одним из главных вопросов в любой отрасли промышленности. А критерии выбора управленческих решений в рискованных ситуациях - очень важная часть промышленного процесса.

Но часто анализ финансового риска осложняется неправдоподобностью финансовой отчетности по российским стандартам бухгалтерского учета (РСБУ). В связи с чем, точность наших прогнозов, оценок и принятие решений могут отличаться от существующей ситуации в целом. Но так как ПАО «Северсталь» является больше, чем на 50% процентов государственной компанией, то будем считать, что все наши данные верны и мы выбираем правильные критерии выбора управленческих решений в рискованных ситуациях. Что является очень важной и актуальной частью металлургического производства в ПАО «Северсталь».

Постановка задачи

В данной работе, на примере ПАО «Северсталь», будем рассматривать критерии выбора управленческих решений в рискованных ситуациях.

Построим производственные функции для описания модели производства.

Обзор литературы

Теория производственной функции была разработана американскими учеными Д. Коббом и П. Дугласом, опубликовавшими работу “Теория производства”.

Большой вклад в развитие производственной функции внес Леонтьев в своей книге [7].

Аппарат производственной функции подробно рассмотрен в книгах [3],[4],[5]. Он показывает, какие факторы оказывают влияние на результаты деятельности субъекта, и определяет направление влияния. А так же мы можем узнать степень влияния и его характер.

Подробно о рисках можно узнать в книге Колбина “Теория рисков”[6], которые играют главенствующую роль в данной работе. Про теорию полезности подробно написано в книгах Новоселова [2] и фон Неймана, Моргенштерна [8].

Все статистические данные по ПАО «Северсталь» взяты с официальных сайтов и отчетов [1],[9], которые отражают реальные показатели по производству, стоимости и т.д.

Глава 1:

Построение производственных функций

§ 1.1 Производственная функция дивизиона «Северсталь Ресурс»

«Северсталь Ресурс» охватывает все горнодобывающие активы компании и в большой степени покрывает потребности дивизиона «Северсталь Российская Сталь» в железной руде и коксующемся угле.

В основные производства дивизиона входят:

- добыча железной руды («Карельский окатыш», «Олокон»);
- добыча угля («Воркутауголь»).

Основными факторами, влияющими на объем прибыли дивизиона «Северсталь Ресурс» являются цена и объем продаж продукции, и себестоимость производства.

Важнейшими составляющими общей стоимости производства являются оплата труда (30,8% в 2014 году), затраты на материалы (31,1%), энергию (24,1%) и амортизацию основных средств и нематериальных активов (17,8%).

В таблице 1 приведены поквартальные данные о затратах и финансовых результатах дивизиона «Северсталь Ресурс» за 2012-2014 годы. Себестоимость материалов и энергоносителей, оплата труда и амортизация измеряются в миллионах долларов, продажи — в тысячах тонн, цены продукции — в долларах США за тонну. Данные получены с официального сайта ПАО «Северсталь».

Будем рассматривать несколько видов производственных функций:

- линейную $F(x_1, \dots, x_{10}) = a_0 + a_1x_1 + \dots + a_{10}x_{10}$,
- Кобба-Дугласа $F(x_1, \dots, x_{10}) = a_0 \cdot x_1^{a_1} \cdot \dots \cdot x_{10}^{a_{10}}$,
- степенную $F(x_1, \dots, x_{10}) = a_0 + x_1^{a_1} + \dots + x_{10}^{a_{10}}$,
- экспоненциальную $F(x_1, \dots, x_{10}) = e^{a_0 + a_1x_1 + \dots + a_{10}x_{10}}$,

где переменные:

x_1 – материалы,

x_2 – энергоносители,

x_3 – оплата труда,

x_4 – амортизация,

x_5 – продажи железорудного концентрата,

x_6 – продажи окатышей,

x_7 – продажи концентрата коксующегося угля,

x_8 – средняя отпускная цена железорудного концентрата,

x_9 – средняя отпускная цена окатышей,

x_{10} – средняя отпускная цена концентрата коксующегося угля.

Параметры $a_0, a_1, \dots, a_{10} \geq 0$ будем искать с помощью функции $\sum_{i=1}^{10} |F(X, A) - y_i| \rightarrow \min_{a_0, \dots, a_{10}}$. Для этого используем аппарат «Поиска решений» в программе MS Excel.

В результате построили производственные функции для дивизиона «Северсталь Ресурс» (таблица 3):

Коэффициенты:	Линейная ПФ	ПФ Кобба-Дугласа	Степенная ПФ	Экспоненциальная ПФ
a0	1,199323896	6,81E+05	1,9617919	2,97E-07
a1	0	7,15E-05	1,05829205	0,000196253
a2	0	6,33E-05	0,90956594	0,000395423
a3	0	8,94E-05	1,00223816	0
a4	11,89566378	6,63E-05	0,85472753	0,000514858
a5	0	0	1,4828663	0,002320416
a6	0,053348246	0	1,63400792	0,002283189
a7	379,9628261	0,000118231	1,6695215	0,002283715
a8	52,3992678	9,11E-05	1,13998358	0,001097888
a9	41,14449953	6,61E-05	0,9930849	0,00215337
a10	68,13463723	0,000101481	1,11504323	0,001024144
Остаточная сумма квадратов	187 280 185 963	482 129 212 076	261 927 770 943	1 100 020 769 973

Таблица 3

Сравнивая остаточные суммы квадратов, получили, что наилучшей оказалась линейная функция. Данная функция непрерывна, монотонно возрастает и дважды дифференцируема, а также имеет положительные первые частные производные, значит, она является также функцией

полезности. Будем использовать F_1 в качестве математической модели, описывающей производство дивизиона «Северсталь Ресурс»

$$F_1(x_1, \dots, x_{10}) = 1,199 + 11,896x_4 + 0,053x_6 + 379,963x_7 + 52,399x_8 + 41,144x_9 + 68,135x_{10}$$

§ 1.2 Основные характеристики производственной функции дивизиона «Северсталь Ресурс»

1. Предельные эффективности

Предельные эффективности характеризуют увеличение выпуска при увеличении объемов привлекаемых ресурсов.

$$\frac{\partial F_1}{\partial x_1} = 0 ; \frac{\partial F_1}{\partial x_2} = 0 ; \frac{\partial F_1}{\partial x_3} = 0 ; \frac{\partial F_1}{\partial x_4} = 11.896 ; \frac{\partial F_1}{\partial x_5} = 0 ; \frac{\partial F_1}{\partial x_6} = 0,053 ; \frac{\partial F_1}{\partial x_7} = 379.963 ; \frac{\partial F_1}{\partial x_8} = 52.399 ; \frac{\partial F_1}{\partial x_9} = 41.144 ; \frac{\partial F_1}{\partial x_{10}} = 68.135.$$

2. Коэффициенты эластичности выпуска по ресурсам

Коэффициенты эластичности выпуска по ресурсам показывают, на сколько процентов увеличится выпуск, если объем привлеченного ресурса возрастет на 1 процент.

$$\begin{aligned} \varepsilon(F_1, x_1) &= 0 ; \varepsilon(F_1, x_2) = 0 ; \varepsilon(F_1, x_3) = 0 ; \varepsilon(F_1, x_5) = 0 ; \\ \varepsilon(F_1, x_4) &= \frac{11.896x_4}{1,199+11,896x_4+0,053x_6+379,963x_7+52,399x_8+41,144x_9+68,135x_{10}} ; \\ \varepsilon(F_1, x_6) &= \frac{0.053x_6}{1,199+11,896x_4+0,053x_6+379,963x_7+52,399x_8+41,144x_9+68,135x_{10}} ; \\ \varepsilon(F_1, x_7) &= \frac{379.963x_7}{1,199+11,896x_4+0,053x_6+379,963x_7+52,399x_8+41,144x_9+68,135x_{10}} ; \\ \varepsilon(F_1, x_8) &= \frac{52.399x_8}{1,199+11,896x_4+0,053x_6+379,963x_7+52,399x_8+41,144x_9+68,135x_{10}} ; \\ \varepsilon(F_1, x_9) &= \frac{41.144x_9}{1,199+11,896x_4+0,053x_6+379,963x_7+52,399x_8+41,144x_9+68,135x_{10}} ; \\ \varepsilon(F_1, x_{10}) &= \frac{68.135x_{10}}{1,199+11,896x_4+0,053x_6+379,963x_7+52,399x_8+41,144x_9+68,135x_{10}} . \end{aligned}$$

3. Предельная норма замещения ресурсов (MRS)

Предельная норма замещения ресурсов показывает, как изменится один фактор производства при изменении другого, если выпуск остается постоянным.

Таблица $MRS(x_i, x_j)$:

$F1$	$x1$	$x2$	$x3$	$x4$	$x5$	$x6$	$x7$	$x8$	$x9$	$x10$	x_i
$x1$											
$x2$											
$x3$											
$x4$	0	0	0	1	0	0,0045	31,94	4,4048	3,4586	5,7276	
$x5$											
$x6$	0	0	0	224,45	0	1	7169,1	988,66	776,3	1285,6	
$x7$	0	0	0	0,0313	0	0,0001	1	0,1379	0,1083	0,1793	
$x8$	0	0	0	0,227	0	0,001	7,2513	1	0,7852	1,3003	
$x9$	0	0	0	0,2891	0	0,0013	9,235	1,2736	1	1,656	
$x10$	0	0	0	0,1746	0	0,0008	5,5766	0,769	0,6039	1	
x_j											

§ 1.3 Производственная функция дивизиона «Северсталь Российская Сталь»

Предприятия дивизиона специализируются на стальном прокате с высокой добавленной стоимостью, сортовом прокате для предприятий строительной отрасли и продукции дальнейшего передела.

В основные производства дивизиона входят:

- металлургические предприятия (Череповецкий металлургический комбинат, сортовой завод «Балаково», «Северсталь СМЦ-Колпино», сервисный центр «Северсталь-Гонварри-Калуга», штамповочное предприятие «Гестамп-Северсталь-Калуга», сервисный центр «Северсталь СМЦ-Всеволожск», «Севертар»);
- производство труб (Ижорский трубный завод, ТПЗ «Шексна»);
- метизная продукция («Северсталь-метиз»);
- сбор и переработка лома;
- торговые компании;
- сервисные компании («Северсталь Промсервис»).

Основными факторами, влияющими на объем прибыли дивизиона «Северсталь Российская Сталь» являются цена и объем продаж продукции, и себестоимость производства.

Важнейшими составляющими общей стоимости производства являются оплата труда (13% в 2014 году), затраты на материалы (66%), энергию (11%) и амортизацию основных средств и нематериальных активов (6%).

В таблице 2 приведены поквартальные данные о затратах и финансовых результатах дивизиона «Северсталь Российская Сталь» за 2012-2014 годы. Себестоимость материалов и энергоносителей, оплата труда и амортизация измеряются в миллионах долларов США, продажи — в тысячах тонн, цены продукции — в долларах США за тонну. Данные получены с официального сайта ПАО «Северсталь».

Будем рассматривать несколько видов производственных функций:

- линейную $F(x_1, \dots, x_{10}) = a_0 + a_1x_1 + \dots + a_{10}x_{10}$,
- Кобба-Дугласа $F(x_1, \dots, x_{10}) = a_0 \cdot x_1^{a_1} \cdot \dots \cdot x_{10}^{a_{10}}$,
- степенную $F(x_1, \dots, x_{10}) = a_0 + x_1^{a_1} + \dots + x_{10}^{a_{10}}$,
- экспоненциальную $F(x_1, \dots, x_{10}) = e^{a_0 + a_1x_1 + \dots + a_{10}x_{10}}$,

где переменные:

x_1 — материалы,

x_2 — энергоносители,

x_3 — оплата труда,

x_4 — амортизация,

x_5 — продажи полуфабрикатов,

x_6 — продажи проката,

x_7 — продажи изделий конечного передела,

x_8 — средняя отпускная цена полуфабрикатов,

x_9 — средняя отпускная цена проката,

x_{10} — средняя отпускная цена изделий конечного передела.

Параметры $a_0, a_1, \dots, a_{10} \geq 0$ будем искать с помощью функции $\sum_{i=1}^{10} |F(X, A) - y_i| \rightarrow \min_{a_0, \dots, a_{10}}$. Для этого используем «Поиск решений» в программе MS Excel.

В результате построили производственные функции для дивизиона «Северсталь Российская Сталь» (таблица 4):

Коэффициенты:	Линейная ПФ	ПФ Кобба-Дугласа	Степенная ПФ	Экспоненциальная ПФ
a0	5,57E-08	2921085,958	1,96773154	20,10896443
a1	0,001166266	0,000755686	1,274370405	0,004275873
a2	8,10E-05	0	0	-0,046068327
a3	0,000198531	0,000687669	0,218172679	0
a4	4,46E-05	0	0,169757018	0
a5	0,435042152	0,003002017	1,078619023	3,06E-06
a6	1,03143914	0	0,952842112	3,22E-06
a7	0,209924197	0	0,621079425	-4,69E-06
a8	0,000475218	0,001757597	0	-0,006997669
a9	0,000857134	0,000765039	2,143276879	0,003712404
a10	0,001137201	0,000666098	0	-0,006387788
Остаточная сумма квадратов	13 381 935 959 565	13 059 532 122 995	5 689 843 797 122	7 009 711 697 274

Таблица 4

Сравнивая остаточные суммы квадратов, получили, что наилучшей оказалась степенная функция. Данная функция непрерывна, монотонно возрастает и дважды дифференцируема, а также имеет положительные первые частные производные, значит, она является также функцией полезности. Будем использовать F_2 в качестве математической модели, описывающей производство дивизиона «Северсталь Российская Сталь»

$$F_2(x_1, \dots, x_{10}) = 1,968 + x_1^{1,274} + x_3^{0,218} + x_4^{0,170} + x_5^{1,079} + x_6^{0,953} + x_7^{0,621} + x_9^{2,143}$$

§ 1.4 Основные характеристики производственной функции дивизиона «Северсталь Российская Сталь»

1. Предельные эффективности

Предельные эффективности характеризуют увеличение выпуска при увеличении объемов привлекаемых ресурсов.

$$\begin{aligned} \frac{\partial F_2}{\partial x_1} &= 1.274x_1^{0.274} ; \frac{\partial F_2}{\partial x_2} = 0 ; \frac{\partial F_2}{\partial x_3} = 0.218x_3^{-0.782} ; \frac{\partial F_2}{\partial x_4} = 0.17x_4^{-0.83} ; \frac{\partial F_2}{\partial x_5} = \\ &1.079x_5^{0.079} ; \frac{\partial F_2}{\partial x_6} = 0,953x_6^{-0.047} ; \frac{\partial F_2}{\partial x_7} = 0.621x_7^{-0.379} ; \frac{\partial F_2}{\partial x_8} = 0 ; \frac{\partial F_2}{\partial x_9} = \\ &2.143x_9^{1.143} ; \frac{\partial F_2}{\partial x_{10}} = 0. \end{aligned}$$

2. Коэффициенты эластичности выпуска по ресурсам

Коэффициенты эластичности выпуска по ресурсам показывают на сколько процентов увеличится выпуск, если объем привлеченного ресурса возрастет на 1 процент.

$$\varepsilon(F_2, x_2) = 0 ; \varepsilon(F_2, x_8) = 0 ; \varepsilon(F_2, x_{10}) = 0 ;$$

$$\varepsilon(F_2, x_1) = \frac{x_1^{1.274}}{1.968 + x_1^{1.274} + x_3^{0.218} + x_4^{0.170} + x_5^{1.079} + x_6^{0.953} + x_7^{0.621} + x_9^{2.143}} ;$$

$$\varepsilon(F_2, x_3) = \frac{x_3^{0.218}}{1.968 + x_1^{1.274} + x_3^{0.218} + x_4^{0.170} + x_5^{1.079} + x_6^{0.953} + x_7^{0.621} + x_9^{2.143}} ;$$

$$\varepsilon(F_2, x_4) = \frac{x_4^{0.170}}{1.968 + x_1^{1.274} + x_3^{0.218} + x_4^{0.170} + x_5^{1.079} + x_6^{0.953} + x_7^{0.621} + x_9^{2.143}} ;$$

$$\varepsilon(F_2, x_5) = \frac{x_5^{1.079}}{1.968 + x_1^{1.274} + x_3^{0.218} + x_4^{0.170} + x_5^{1.079} + x_6^{0.953} + x_7^{0.621} + x_9^{2.143}} ;$$

$$\varepsilon(F_2, x_6) = \frac{x_6^{0.953}}{1.968 + x_1^{1.274} + x_3^{0.218} + x_4^{0.170} + x_5^{1.079} + x_6^{0.953} + x_7^{0.621} + x_9^{2.143}} ;$$

$$\varepsilon(F_2, x_7) = \frac{x_7^{0.621}}{1.968 + x_1^{1.274} + x_3^{0.218} + x_4^{0.170} + x_5^{1.079} + x_6^{0.953} + x_7^{0.621} + x_9^{2.143}} ;$$

$$\varepsilon(F_2, x_9) = \frac{x_9^{2.143}}{1.968 + x_1^{1.274} + x_3^{0.218} + x_4^{0.170} + x_5^{1.079} + x_6^{0.953} + x_7^{0.621} + x_9^{2.143}} .$$

3. Предельная норма замещения ресурсов (MRS)

Предельная норма замещения ресурсов показывает, как изменится один фактор производства при изменении другого, если выпуск остается постоянным.

Таблица $MRS(x_i, x_j)$:

F_2	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
x_1	1	0	$0.17 \frac{x_3^{-0.78}}{x_1^{0.27}}$	$0.13 \frac{x_4^{-0.83}}{x_1^{0.27}}$	$0.85 \frac{x_5^{0.08}}{x_1^{0.27}}$	$0.75 \frac{x_6^{-0.05}}{x_1^{0.27}}$	$0.49 \frac{x_7^{-0.38}}{x_1^{0.27}}$	0	$1.68 \frac{x_9^{1.14}}{x_1^{0.27}}$	0
x_2										
x_3	$5.84 \frac{x_1^{0.27}}{x_3^{-0.78}}$	0	1	$0.78 \frac{x_4^{-0.83}}{x_3^{-0.78}}$	$4.9 \frac{x_5^{0.08}}{x_3^{-0.78}}$	$4.37 \frac{x_6^{-0.05}}{x_3^{-0.78}}$	$2.85 \frac{x_7^{-0.38}}{x_3^{-0.78}}$	0	$9.83 \frac{x_9^{1.14}}{x_3^{-0.78}}$	0
x_4	$7.49 \frac{x_1^{0.27}}{x_4^{-0.83}}$	0	$1.28 \frac{x_3^{-0.78}}{x_4^{-0.83}}$	1	$6.35 \frac{x_5^{0.08}}{x_4^{-0.83}}$	$5.6 \frac{x_6^{-0.05}}{x_4^{-0.83}}$	$3.65 \frac{x_7^{-0.38}}{x_4^{-0.83}}$	0	$12.6 \frac{x_9^{1.14}}{x_4^{-0.83}}$	0
x_5	$1.18 \frac{x_1^{0.27}}{x_5^{0.08}}$	0	$0.2 \frac{x_3^{-0.78}}{x_5^{0.08}}$	$0.16 \frac{x_4^{-0.83}}{x_5^{0.08}}$	1	$0.88 \frac{x_6^{-0.05}}{x_5^{0.08}}$	$0.58 \frac{x_7^{-0.38}}{x_5^{0.08}}$	0	$1.99 \frac{x_9^{1.14}}{x_5^{0.08}}$	0
x_6	$1.34 \frac{x_1^{0.27}}{x_6^{-0.05}}$	0	$0.23 \frac{x_3^{-0.78}}{x_6^{-0.05}}$	$0.18 \frac{x_4^{-0.83}}{x_6^{-0.05}}$	$1.13 \frac{x_5^{0.08}}{x_6^{-0.05}}$	1	$0.65 \frac{x_7^{-0.38}}{x_6^{-0.05}}$	0	$2.25 \frac{x_9^{1.14}}{x_6^{-0.05}}$	0
x_7	$2.05 \frac{x_1^{0.27}}{x_7^{-0.38}}$	0	$0.35 \frac{x_3^{-0.78}}{x_7^{-0.38}}$	$0.27 \frac{x_4^{-0.83}}{x_7^{-0.38}}$	$1.74 \frac{x_5^{0.08}}{x_7^{-0.38}}$	$1.54 \frac{x_6^{-0.05}}{x_7^{-0.38}}$	1	0	$3.45 \frac{x_9^{1.14}}{x_7^{-0.38}}$	0
x_8										
x_9	$0.6 \frac{x_1^{0.27}}{x_9^{1.14}}$	0	$0.1 \frac{x_3^{-0.78}}{x_9^{1.14}}$	$0.08 \frac{x_4^{-0.83}}{x_9^{1.14}}$	$0.5 \frac{x_5^{0.08}}{x_9^{1.14}}$	$0.45 \frac{x_6^{-0.05}}{x_9^{1.14}}$	$0.29 \frac{x_7^{-0.38}}{x_9^{1.14}}$	0	1	0
x_{10}										

§ 1.5 Прогноз значений показателей

Рассчитаем предполагаемое значение выручки на первый квартал 2015 года. Так как рассматривается малый временной период, возможно спрогнозировать значение каждого фактора в отдельности с помощью функций регрессии. Исследуем экспоненциальную, линейную, логарифмическую, полиномиальную и степенную аппроксимирующие функции и их коэффициенты детерминации. Для дивизиона «Северсталь Ресурс» получили следующие функции:

$$\begin{aligned}
 x_1 &= 0.2294p^2 - 4.7944p + 117.9, & R^2 &= 0.8156, \\
 x_2 &= -0.3257p^2 + 2.1946p + 88.234, & R^2 &= 0.7823, \\
 x_3 &= -0.27009p^2 - 0.45p + 130.53, & R^2 &= 0.868,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
x_4 &= -0.1682p^2 + 1.7926p + 54.477, & R^2 &= 0.6081, \\
x_5 &= -2.4765p^2 + 22.579p + 1138, & R^2 &= 0.2543, \\
x_6 &= 1.6471p^2 - 9.5627p + 2599, & R^2 &= 0.1814, \\
x_7 &= -6.4051p^2 + 13.532p + 1885.8, & R^2 &= 0.6306, \\
x_8 &= -0.3681p^2 + 1.3452p + 80.364, & R^2 &= 0.7308, \\
x_9 &= -0.6546p^2 + 4.3174p + 106.48, & R^2 &= 0.7344, \\
x_{10} &= -30.04 \ln p + 161.04, & R^2 &= 0.939,
\end{aligned}$$

где $p = \overline{1,13}$. Получили прогнозные значения показателей:

$$\begin{aligned}
x_1 &= 94.3, & x_2 &= 61.7, & x_3 &= 78.9, & x_4 &= 49.3, & x_5 &= 1013, \\
x_6 &= 2753, & x_7 &= 979.3, & x_8 &= 35.7, & x_9 &= 52, & x_{10} &= 83.
\end{aligned}$$

По данным значениям рассчитали прогнозные значения выручки дивизиона «Северсталь Ресурс» на следующий квартал:

$$F_1(x_1, \dots, x_{10}) = 382543.$$

Для дивизиона «Северсталь Российская Сталь» получили следующие функции:

$$\begin{aligned}
x_1 &= -27.74p + 1178.5, & R^2 &= 0.8898, \\
x_2 &= -0.5842p^2 + 8.5291p + 121.32, & R^2 &= 0.5634, \\
x_3 &= -0.3373p^2 + 0.5467p + 207.61, & R^2 &= 0.8521, \\
x_4 &= -0.1974p^2 + 3.0082p + 68.723, & R^2 &= 0.6016, \\
x_5 &= -108608 \ln p + 336640, & R^2 &= 0.7203, \\
x_6 &= 1840410p^{0.05}, & R^2 &= 0.3482, \\
x_7 &= 273.01p^2 + 3687p + 425508, & R^2 &= 0.3235, \\
x_8 &= 2.2453p^2 - 36.776p + 592.59, & R^2 &= 0.3281, \\
x_9 &= 0.2975p^2 - 24.556p + 881.25, & R^2 &= 0.8091, \\
x_{10} &= 1273.64e^{-0.02p}, & R^2 &= 0.6325,
\end{aligned}$$

где $p = \overline{1,13}$. Получили прогнозные значений показателей:

$$\begin{aligned}
x_1 &= 817.9, & x_2 &= 133.5, & x_3 &= 157.7, & x_4 &= 74.5, & x_5 &= 58066, \\
x_6 &= 2092241.2, & x_7 &= 519577.7, & x_8 &= 494, & x_9 &= 612.3, & x_{10} &= 982.
\end{aligned}$$

По данным значениям рассчитали прогнозное значение выручки дивизиона «Северсталь Российская Сталь» на следующий квартал:

$$F_2(x_1, \dots, x_{10}) = 2141082.$$

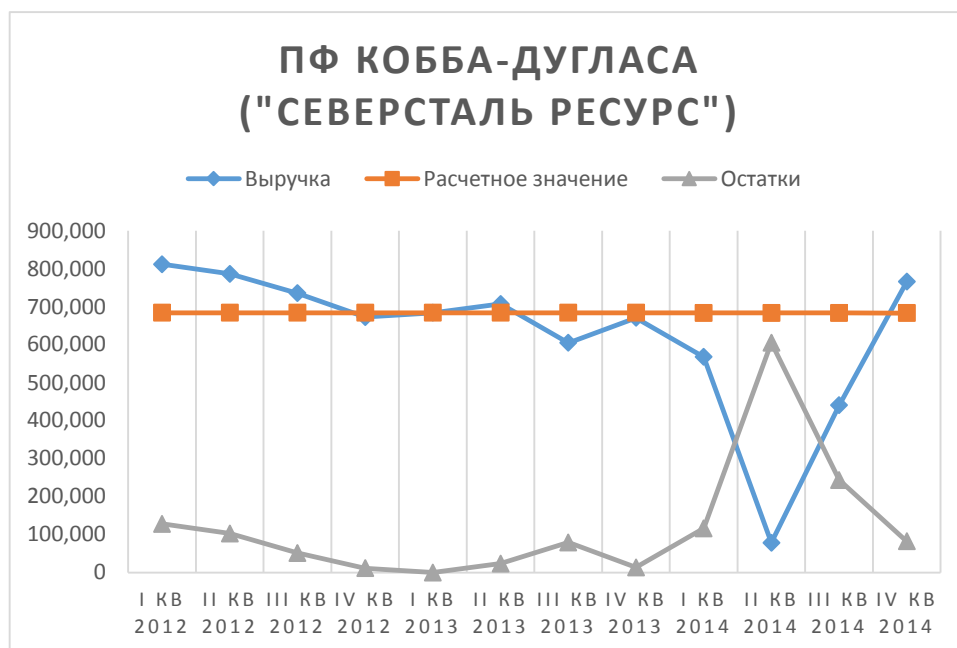
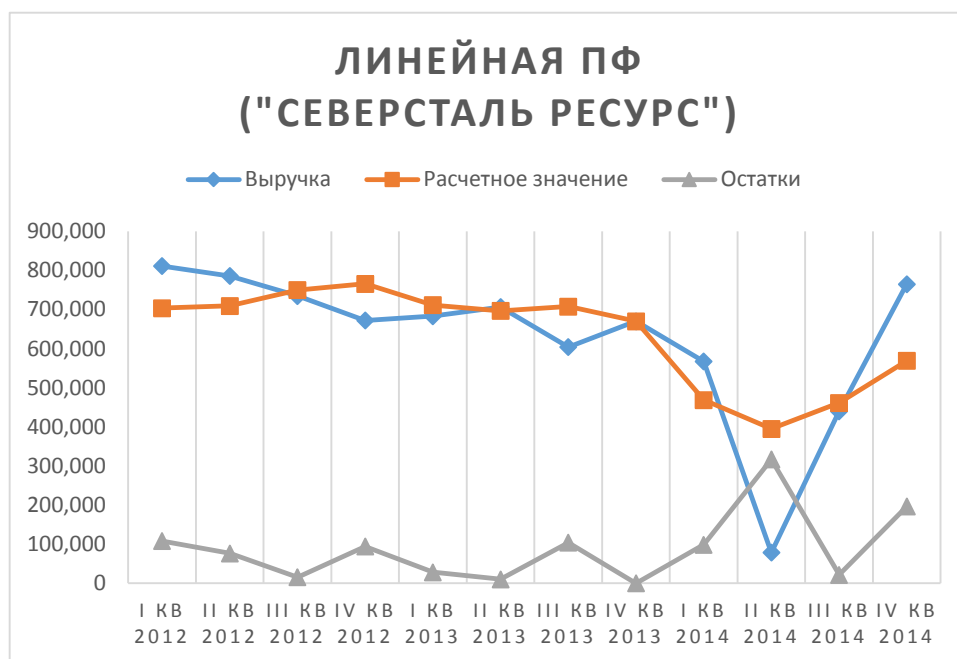
Заключение

В данной работе были построены производственные функции для дивизионов ПАО «Северсталь» и сделан прогноз на первый квартал 2015 года.

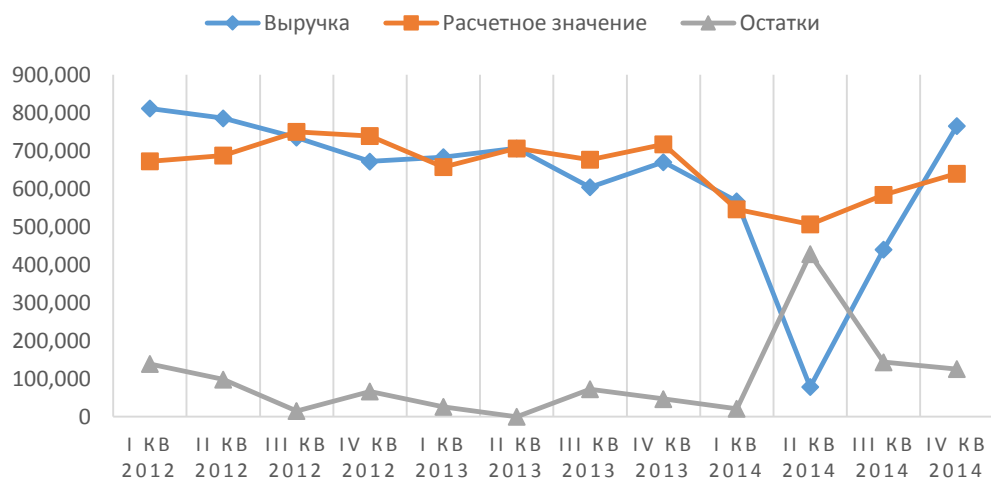
Литература

- [1] Годовые отчеты ПАО «Северсталь» за 2012-2014 годы // Официальный сайт ПАО «Северсталь»
http://www.severstal.com/rus/ir/results_reports/annual_reports/index.phtml
- [2] Дж. фон Нейман, О. Моргенштерн. Теория игр и экономическое поведение. Перевод с англ. под ред. и с доб. Воробьева. Главная редакция физико-математической литературы, Изд-во Наука, 1970
- [3] Колбин В. В. Производственная функция и её свойства (часть 1). СПб.: Изд-во СПб ун-та, 2008, 110 с.
- [4] Колбин В. В. Производственная функция и её свойства (часть 2). СПб.: Изд-во СПб ун-та, 2008, 115 с.
- [5] Колбин В. В. Производственная функция и её свойства (часть 3). СПб.: Изд-во СПб ун-та, 2008, 109 с.
- [6] Колбин В. В. Теория рисков. Часть 1. СПб.: Изд-во ВВМ, 2012
- [7] Леонтьев В.В. Экономическое эссе. Теории, исследования, факты и политика, 1990
- [8] Новоселов А.А. Математическое моделирование финансовых рисков: Теория измерения. Новосибирск: Изд-во Наука, 2001, 99 с.
- [9] Финансовая отчетность ПАО «Северсталь» по кварталам за 2012-2014 оды // Официальный сайт ПАО «Северсталь»
http://www.severstal.com/rus/ir/results_reports/annual_reports/index.phtml

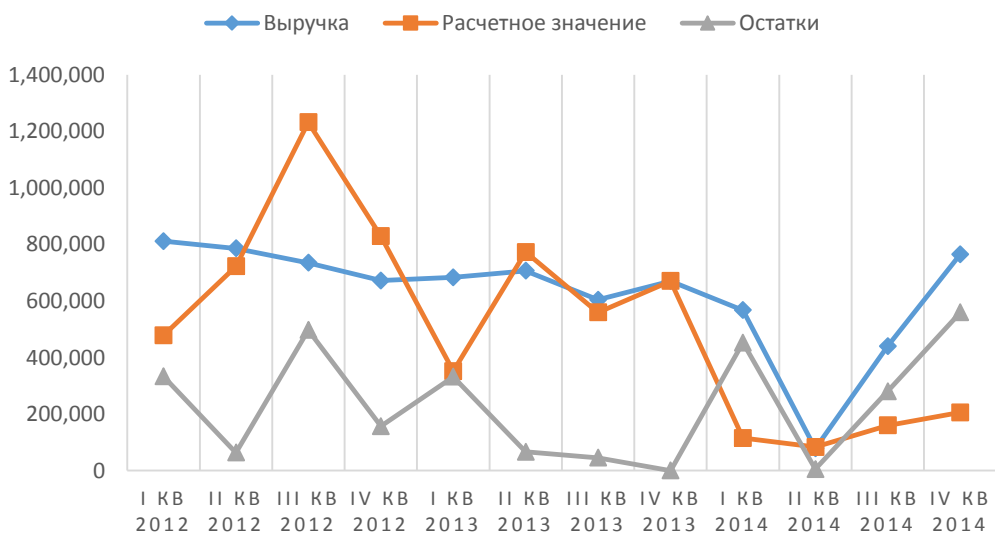
Приложение 1



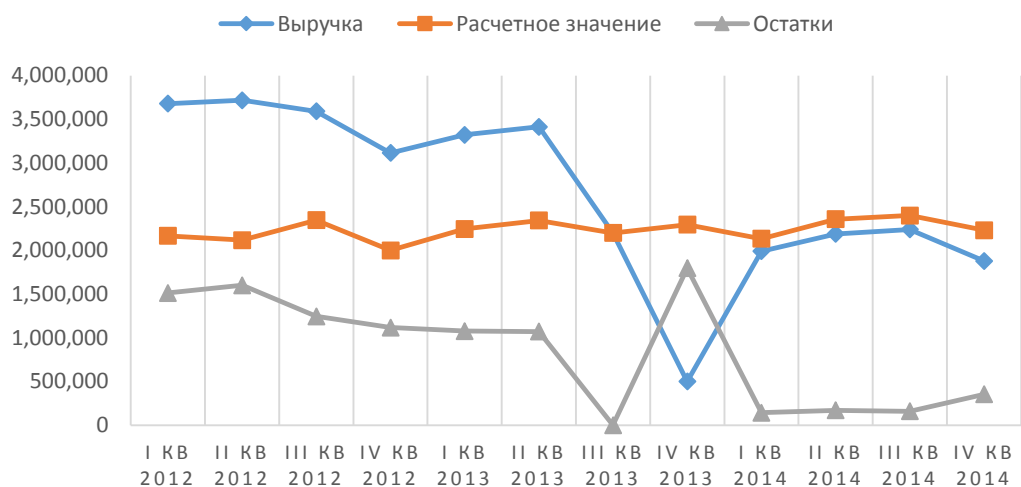
ПФ КОББА-ДУГЛАСА ("СЕВЕРСТАЛЬ РЕСУРС")



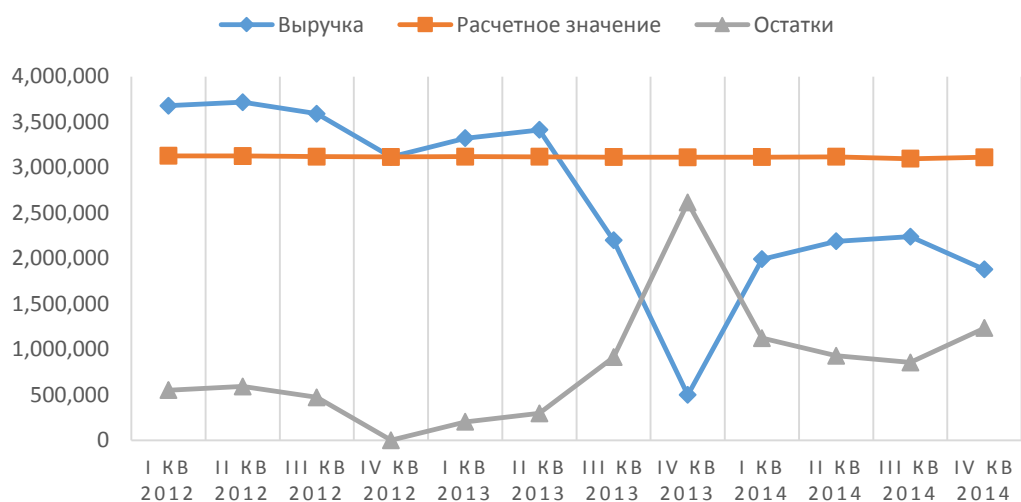
ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНАЯ ПФ ("СЕВЕРСТАЛЬ РЕСУРС")



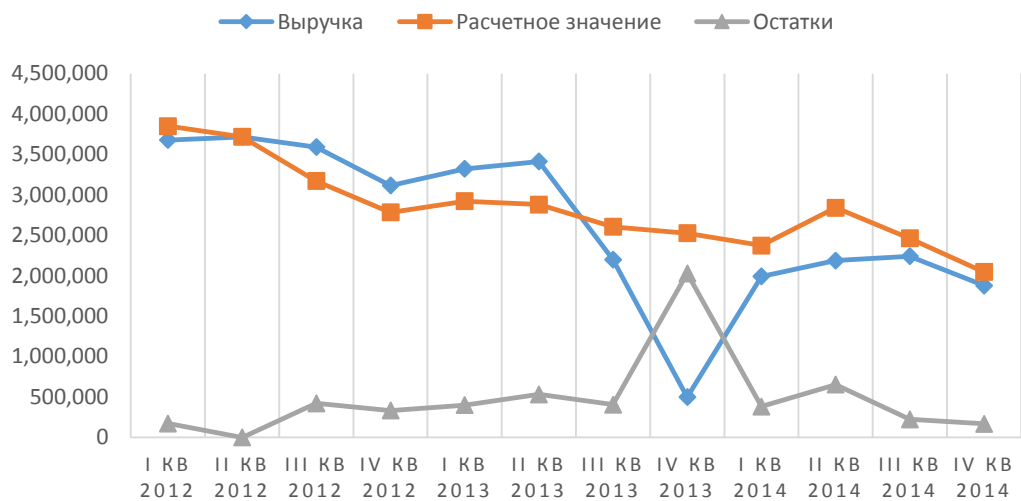
ЛИНЕЙНАЯ ПФ ("СЕВЕРСТАЛЬ РОССИЙСКАЯ СТАЛЬ")



ПФ КОББА-ДУГЛАСА ("СЕВЕРСТАЛЬ РОССИЙСКАЯ СТАЛЬ")



СТЕПЕННАЯ ПФ ("СЕВЕРСТАЛЬ РОССИЙСКАЯ СТАЛЬ")



ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНАЯ ПФ ("СЕВЕРСТАЛЬ РОССИЙСКАЯ СТАЛЬ")

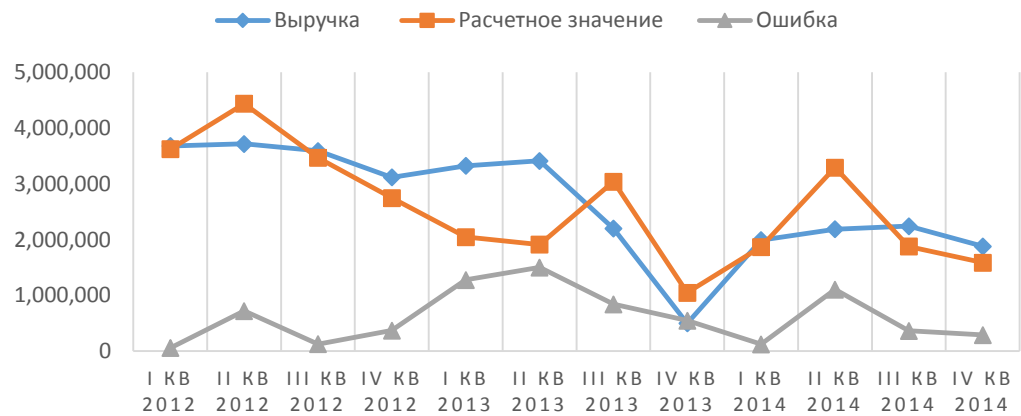


Таблица 1 «Северсталь Ресурс»

	Энергонос			Продажи		Продажи окатыши	Продажи уголь	Цена ж/р концентрат	Цена окатыши	Цена уголь	Выручка
	Материалы	ители	Персонал	Амортизац ия	ж/р концентрат						
I кв 2012	109,65	90,58	127,85	57,03	1101	2549	1796	88	118	161	811 482
II кв 2012	109,65	90,58	127,85	57,03	1255	2563	1816	85	120	138	785 966
III кв 2012	109,65	90,58	127,85	57,03	1262	2701	1927	77	105	128	734 902
IV кв 2012	109,65	90,58	127,85	57,03	1142	2626	1974	63	90	122	672 250
I кв 2013	94,38	91,65	118,58	60,53	1053	2460	1827	80	117	110	683 515
II кв 2013	94,38	91,65	118,58	60,53	1220	2678	1788	79	112	113	706 707
III кв 2013	94,38	91,65	118,58	60,53	1235	2511	1825	63	101	93	604 401
IV кв 2013	94,38	91,65	118,58	60,53	1110	2807	1721	77	102	108	670 377
I кв 2014	93,45	72,35	92,35	53,50	1099	2583	1193	70	107	96	567 277
II кв 2014	93,45	72,35	92,35	53,50	1211	2540	1003	63	89	93	78 291
III кв 2014	93,45	72,35	92,35	53,50	1139	2741	1181	49	73	94	440 073
IV кв 2014	93,45	72,35	92,35	53,50	981	2754	1471	36	55	76	765 359

Таблица 2 «Северсталь Российская Сталь»

	Энергонос			Продажи			Продажи	Цена		Цена	Изделия	Выручка:
	Материалы	ители	Персонал	Амортизац	Полуфабрик	Продажи	Изделия	конечного	Полуфабрик	Цена	Изделия	
				ия	аты		передела	аты		Прокат	передела	
I кв 2012	1116,575	134,85	206,525	73,55	364 755	1 865 411	395 347		495	850	1 336	3 678 787
II кв 2012	1116,575	134,85	206,525	73,55	315 753	1 828 597	444 392		580	856	1 136	3 717 855
III кв 2012	1116,575	134,85	206,525	73,55	131 891	2 122 138	477 156		609	820	1 159	3 591 426
IV кв 2012	1116,575	134,85	206,525	73,55	120 024	1 800 558	429 076		405	775	1 260	3 115 638
I кв 2013	1009,225	157,3	199,925	81,7	183 680	2 008 469	445 753		429	743	1 150	3 322 043
II кв 2013	1009,225	157,3	199,925	81,7	148 172	2 107 778	493 129		490	745	1 094	3 413 600
III кв 2013	1009,225	157,3	199,925	81,7	112 806	1 986 822	481 532		403	715	1 029	2 199 449
IV кв 2013	1009,225	157,3	199,925	81,7	88 372	2 085 578	500 310		458	699	1 151	498 452
I кв 2014	868,65	143,2	172,225	77,5	119 604	1 937 075	397 253		423	655	1 096	1 990 681
II кв 2014	868,65	143,2	172,225	77,5	170 139	2 123 264	445 696		465	719	1 081	2 187 638
III кв 2014	868,65	143,2	172,225	77,5	15 107	2 214 512	515 642		491	715	1 059	2 239 985
IV кв 2014	868,65	143,2	172,225	77,5	98 612	2 010 001	545 853		454	561	951	1 878 121